



(10) **DE 10 2019 212 656 A1** 2021.02.25

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2019 212 656.1**

(22) Anmeldetag: **23.08.2019**

(43) Offenlegungstag: **25.02.2021**

(51) Int Cl.: **H01L 21/283** (2006.01)

H01L 29/161 (2006.01)

H01L 29/40 (2006.01)

(71) Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(72) Erfinder:
Ametowobla, Mawuli, 70197 Stuttgart, DE;
Alsmeier, Jan-Hendrik, 72793 Pfullingen, DE;
Reinmuth, Jochen, 72766 Reutlingen, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

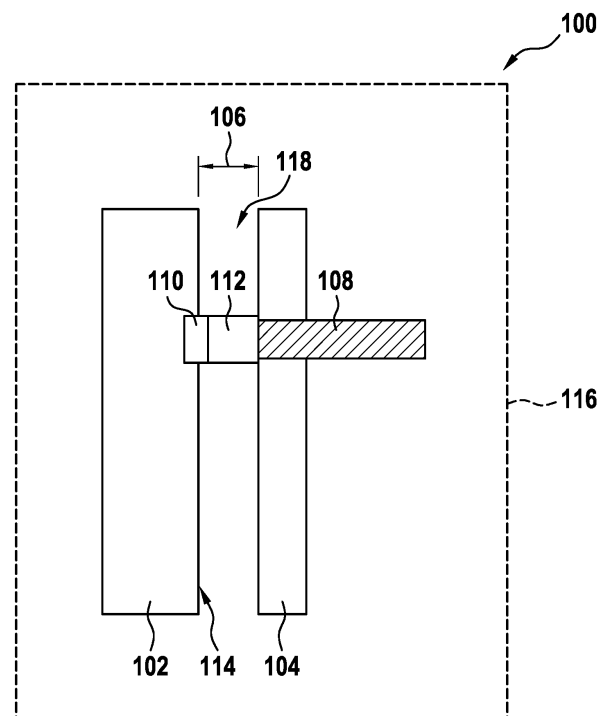
US	4 752 455	A
US	5 725 706	A
WO	2015/ 189 432	A1

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **VERFAHREN ZUM AUSBILDEN EINER ELEKTRISCHEN KONTAKTSTRUKTUR AUF EINEM SILICIUMCARBID-SUBSTRAT, VORRICHTUNG ZUM AUSBILDEN DERSELBEN UND ELEKTRISCHES BAUELEMENT**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren (400) zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur (110) auf einem Siliciumcarbid-Substrat (102) bereitgestellt. Das Verfahren weist ein Anordnen (402) einer Opferstruktur (104) mit einem Transferabstand (106) beabstandet zu einer Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) auf, wobei die Opferstruktur (104) für einen Laserstrahl (108) abtastbar angeordnet wird; und ein Bestrahlen (404) der Opferstruktur (104) mit einem Laserstrahl (108), so dass Material (112) der Opferstruktur (104) auf der Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) unter Ausbildung einer chemischen Verbindung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Substrats (102) aufgebracht wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat, eine Vorrichtung zum Ausbilden derselben und ein elektrisches Bauelement.

[0002] MOSFETs (Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren), die auf kristallinem Siliciumcarbid (SiC), z.B. 4H-SiC, basieren, können eingesetzt werden, um hohe Ströme mit geringen Verlusten zu schalten.

[0003] Ein Wafer für Feldeffekt-Transistorstrukturen weist herkömmlich eine Vorderseite („Gate-Source-Seite“) und eine Rückseite („Drain-Seite“) auf. Die Vorderseite und die Rückseite werden herkömmlich in verschiedenen Schritten bearbeitet. Ein Schritt besteht dabei jeweils aus mehreren Arbeitsgängen.

[0004] Bei der Bearbeitung der Vorderseite des Wafers werden Gebiete unterschiedlicher Dotierung ausgebildet, die mindestens die Funktionen Source und Kanal der Transistorstruktur haben. Häufig werden auch weitere Gebiete ausgebildet, beispielsweise, indem sie unterschiedlich stark dotiert werden e. Ferner wird eine Gate-Struktur auf der Vorderseite angelegt bzw. ausgebildet. Die Bearbeitung der Rückseite des Wafers weist ein Ausbilden bzw. Anlegen der Drain-Elektrode der Transistorstruktur auf. Dies kann durch ein Schleifen der Rückseite, zum Beispiel von 350 µm auf 80-200 µm Waferdicke, durch ein Aufbringen eines Metalls oder einer Legierung auf der Rückseite oder Gebieten der Rückseite, und durch einen Hochtemperaturschritt zum Erzeugen von Ohm'schen Kontakten auf der Rückseite, herkömmlicherweise durch lokales Laser-Tempern, erfolgen. Ferner werden weitere Metalle, beispielsweise ein Schichtstapel aus mehreren Schichten der Materialien Chrom (Cr), Titan (Ti), Nickel (Ni), Nickel-Vanadium (NiV), Gold (Au) bzw. Silber (Ag), auf der Rückseite aufgebracht.

[0005] Beim herkömmlichen Ausbilden der Drain-Elektrode erfolgt aufgrund der hohen lokalen Temperatur eine teilweise Aufschmelzung des darunterliegenden SiC-Substrates. Dadurch wird eine hohe lokale Rauigkeit erzeugt und die Defektdichte auf der Drain-Seite des Wafers ist hoch. Das herkömmliche Ausbilden der Drain-Elektrode besteht aus vielen Arbeitsgängen, wodurch die Herstellung der Drain-Elektrode insgesamt relativ kostenintensiv ist. Weiterhin wird bei der herkömmlichen, sequentiellen Abfolge der Schritte das Vakuum zwischen Aufbringen des Materials, aus dem der Ohm'sche Kontakt besteht, und Aufbringen der Rückseitenmetallisierung das Vakuum gebrochen, wodurch es zu ungewünschten Oxidationen oder anderen Reaktionen mit der Umgebungsluft kommt.

[0006] Weiterhin ist aus DE 10 2013 204 465 A1 ein Verfahren zur Lasertransfermetallisierung bekannt.

[0007] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein Verfahren zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat, eine Vorrichtung zum Ausbilden derselben und ein elektrisches Bauelement bereitzustellen, das/die eines oder mehrere der oben dargelegten Probleme beseitigt oder zumindest reduziert.

[0008] Die Aufgabe wird gemäß einem Aspekt der Erfindung gelöst durch ein Verfahren zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid (SiC)-Substrat. Das Verfahren weist ein Anordnen einer Opferstruktur mit einem Transferabstand beabstandet zu einer Oberfläche des Siliciumcarbid-Substrats auf, wobei die Opferstruktur für einen Laserstrahl abtastbar angeordnet wird; und ein Bestrahlen der Opferstruktur mit einem Laserstrahl, so dass Material der Opferstruktur auf der Oberfläche des Siliciumcarbid-Substrats unter Ausbildung einer chemischen Verbindung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Substrates aufgebracht wird.

[0009] Anschaulich bildet das Material der elektrischen Kontaktstruktur gemäß mindestens einer Ausführungsform eine Legierung mit dem Silizium (Si) und/oder Kohlenstoff (C) des SiC-Substrates aus. Dies ermöglicht einen Ohm'schen Kontakt z.B. auf der Rückseite von SiC-Wafern, bei dem die Rauigkeit niedrig ist und die Integrität des Kristallgitters des SiC-Wafers (z.B. 4H-SiC) erhalten bleiben.

[0010] Die Aufgabe wird gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung gelöst durch ein elektrisches Bauelement, das ein Siliziumcarbid-Substrat und eine elektrische Kontaktstruktur auf einer Oberfläche des Siliziumcarbid-Substrats, die mittels eines oben beschriebenen Verfahrens hergestellt wurde, aufweist.

[0011] Anschaulich wird somit gemäß mindestens einer Ausführungsform ein Material mittels Lasertransfermetallisierung auf die Rückseite des Wafers aufgebracht, das mit mindestens einem der beiden Elemente des SiC-Wafers (C und Si) reagiert und einen Ohm'schen Kontakt mit dem, beispielweise hoch n-dotierten, SiC bildet. Dies ermöglicht im Vergleich zur bezogenen Technik Arbeitsschritte für die Herstellung der Rückseitenkontakte einzusparen.

[0012] Die Aufgabe wird gemäß einem weiteren Aspekt der Erfindung gelöst durch eine Vorrichtung zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat. Die Vorrichtung weist eine Kammer mit einer ersten Haltevorrichtung, die zum Halten des Siliciumcarbid-Substrates eingerichtet ist, und einer zweiten Haltevorrichtung, die zum Halten einer Opferstruktur eingerichtet ist, auf, derart, dass die Opferstruktur in einem Transferabstand zu

einer Oberfläche des Siliciumcarbid-Substrats beabstandet und für einen Laserstrahl abtastbar angeordnet werden kann und der Transferabstand einstellbar ist, und einen Laser, der zum Emittieren von Laserpulsen und zum Abtasten der Opferstruktur mittels der Laserpulse eingerichtet ist. Die Kammer ist derart eingerichtet, dass der Gasdruck der Kammer in einem Bereich zwischen der Opferstruktur und der Oberfläche des Siliciumcarbid-Substrats einstellbar ist.

[0013] Weiterbildungen der Aspekte sind in den Unteransprüchen und der Beschreibung dargelegt. Ausführungsformen der Erfindung sind in der Figur dargestellt und werden im Folgenden näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat und einer Vorrichtung zum Ausbilden derselben und eines elektrischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Verfahrensschritts zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat gemäß einer Ausführungsform;

Fig. 3 eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat und einer Vorrichtung zum Ausbilden derselben und eines elektrischen Bauelements gemäß einer weiteren Ausführungsform;

Fig. 4 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat gemäß einer Ausführungsform; und

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines Verfahrens zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat gemäß einer weiteren Ausführungsform.

[0014] In der folgenden ausführlichen Beschreibung wird auf die beigelegten Zeichnungen Bezug genommen, die einen Teil dieser Beschreibung bilden und in denen zur Veranschaulichung spezifische Ausführungsformen gezeigt sind, in denen die Erfindung ausgeübt werden kann. Es versteht sich, dass andere Ausführungsformen benutzt und strukturelle oder logische Änderungen vorgenommen werden können, ohne von dem Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung abzuweichen. Es versteht sich, dass die Merkmale der hierin beschriebenen verschiedenen Ausführungsformen miteinander kombiniert werden können, sofern nicht spezifisch anders angegeben. Die folgende ausführliche Beschreibung ist deshalb nicht in einschränkendem Sinne aufzufassen, und der Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung wird durch die angefügten Ansprüche definiert.

[0015] **Fig. 1** zeigt eine schematische Darstellung eines Verfahrens zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Siliciumcarbid-Substrat, einer Vorrichtung zum Ausbilden derselben und eines elektrischen Bauelements gemäß einer Ausführungsform. Veranschaulicht ist eine Vorrichtung **100** mit einer Opferstruktur **104**, die in einem Transferabstand **106** zu einem Siliciumcarbid-Substrat **102** in einer Kammer **116** angeordnet ist. Ein Laserstrahl **108** ist auf die Opferstruktur **104** gerichtet. Der Laserstrahl **108** ist derart eingerichtet, dass Material **112** aus der Opferstruktur **104** in Richtung einer Oberfläche **114** des Siliciumcarbid-Substrats **102** herausgelöst wird, beispielsweise mittels ballistischen Herauslösens oder mittels Verdampfens aus einem Bereich **202** der Opferstruktur **104**, wie in **Fig. 2** veranschaulicht ist. Das herausgelöste Material **112** wird auf der Oberfläche **114** aufgebracht.

[0016] Der Laserstrahl **108**, der Transferabstand **106** und/oder der Bereich **118** zwischen der Opferstruktur **104** und der Oberfläche **114** des Siliciumcarbid-Substrats **102** sind/ist derart eingerichtet, dass das herausgelöste und auf die Oberfläche **114** aufgebrachte Material **112** eine Metalllegierung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Siliciumcarbid-Substrats **102** ausbildet. Dadurch wird eine elektrische Kontaktstruktur **110** auf der Oberfläche **114** des Siliciumcarbid-Substrats **102** ausgebildet. Die Metalllegierungs-Verbindung bildet anschaulich eine Ohm'sche Kontaktstruktur **110** auf dem Siliciumcarbid-Substrat **102**, das für ein elektrisches Bauelement, beispielsweise eine Transistorstruktur, beispielsweise einen Leistungstransistor, verwendet werden kann. Die Energie des Laserstrahls **108** führt anschaulich dazu, dass das herauszulösende Material seinen Aggregatzustand verändert (gasförmig oder flüssig wird). Nach dem Auftreffen auf der Oberfläche **114**, beispielsweise der Drainseite eines Wafers, erstarrt das Material. Die Laserenergie und somit die lokale Temperatur der Opferstruktur **104** ist materialspezifisch so gewählt, dass eine spontane Reaktion zwischen herausgelöstem Material **112** und Bestandteilen bzw. Material aus dem kristallinen SiC-Substrat **102** erfolgt. Somit verbindet sich mindestens ein Element aus der Opferstruktur **104** mit mindestens einem der Elemente (Silicium bzw. Kohlenstoff) des Substrats **102** zu einem Elektrodenmaterial. Dadurch entsteht ein Ohm'scher Kontakt zwischen SiC und dem Reaktionsprodukt, beispielsweise Ni_xC_y oder Ni_xSi_y (x, y als reelle Zahlen größer 0) für den Fall, das Nickel das herauszulösende Material **112** ist.

[0017] Die Opferstruktur **104** weist beispielsweise Nickel auf, und das Reaktionsprodukt der Kontaktstruktur **110** kann beispielsweise NiSi und/oder NiC sein, wobei eine beliebige, durch Laserenergie einstellbare Stöchiometrie zwischen Ni und Si bzw. Ni und C ausgebildet werden können. Mit anderen Worten: Wenn der Laserstrahl **108** auf die Opferstruktur

104 trifft, geht zumindest ein Bestandteil eines Materials der Opferstruktur **104** in die Gasphase über. Eine durch den Laserstrahl **108** eingebrachte Energie reicht aus, um zumindest einen Teil des Materials verdampfen zu lassen. Durch eine daraus resultierende Volumenvergrößerung trifft gasförmiges Material **112** der Opferstruktur **104** auf das gegenüberliegend angeordnete Substrat **102**, wo es eine chemische Verbindung mit Bestandteilen des Substrates **102** eingeht und erstarrt und eine Kontaktstruktur **110** ausbildet. Die Opferstruktur **104** verliert dabei Material und kann daher als Opferstruktur bezeichnet werden.

[0018] Das Verfahren basiert auf einem Laserprozess, bei dem mithilfe der Laserstrahlung **108** ein Metall der Opferstruktur **108** in eine Gasphase überführt wird. Das herausgetrennte bzw. herausgelöste Material in der Gasphase **112** wird auf dem Substrat **108** abgeschieden. Bei diesem Verfahren ist zwischen Opferstruktur **104** und Oberfläche **114** ein definierter Transferabstand **106** erforderlich (typischerweise zwischen 0 µm und 100 µm). Dieser genau definierte Abstand kann durch einen direkten körperlichen Kontakt bzw. einen Abstandshalter, beispielsweise einer Maske im Bereich **118** oder zwischen einer ersten und zweiten Haltestruktur (siehe unten) realisiert werden.

[0019] Wie in **Fig. 4** veranschaulicht ist, weist ein Verfahren **400** zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur **110** auf einem Siliciumcarbid-Substrat **102** in verschiedenen Ausführungsformen ein Anordnen **402** der Opferstruktur **104** in dem Transferabstand **106** (Abstand zwischen Siliciumcarbid-Substrat **102** und Opferstruktur **104**) beabstandet zu der Oberfläche **114** des Siliciumcarbid-Substrats **102** auf. Die Opferstruktur **104** ist für den Laserstrahl **108** abtastbar angeordnet. Das Verfahren **400** weist weiterhin ein Bestrahlen **404** der Opferstruktur **104** mit dem Laserstrahl **108** auf, so dass Material **112** der Opferstruktur **104** auf der Oberfläche **114** des Siliciumcarbid-Substrats **102** aufgebracht wird. Das aufgebrachte Material kann unter Ausbildung einer chemischen Verbindung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Siliciumcarbid-Substrates **102** aufgebracht werden.

[0020] Das Bestrahlen der Opferstruktur **104** mit einem Laserstrahl **108** kann ein Bestrahlen der Opferstruktur **104** mit einem oder mehreren Laserpulsen eines ersten Laserstrahls aufweisen, so dass Material **112** der Opferstruktur **104** aus der Opferstruktur **104** in Richtung der Oberfläche **114** des Substrats **102** herausgelöst wird. Das Bestrahlen der Opferstruktur **104** kann ferner ein Bestrahlen des herausgelösten Materials **112** innerhalb des Bereichs **118** des Transferabstandes **106** mit einem oder mehreren Laserpulsen des ersten Laserstrahls oder eines zweiten Laserstrahls aufweisen.

[0021] Alternativ, wie in **Fig. 5** veranschaulicht ist, wird ein Verfahren **500** zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur auf einem Substrat (das nicht notwendigerweise ein Siliciumcarbid-Substrat **102** ist) bereitgestellt, das ein Anordnen **502** einer Opferstruktur **104** mit einem Transferabstand **106** beabstandet zu einer Oberfläche **114** des Substrats **102** aufweist, wobei die Opferstruktur **104** für einen ersten Laserstrahl abtastbar angeordnet wird und; ein Bestrahlen **504** der Opferstruktur mit einem oder mehreren Laserpulsen eines ersten Laserstrahls **108**, so dass Material der Opferstruktur **104** aus der Opferstruktur **104** in Richtung der Oberfläche **114** des Substrats **102** herausgelöst wird; und ein Bestrahlen **506** des herausgelösten Materials **112** innerhalb des Bereichs **118** zwischen der Opferstruktur **104** und der Oberfläche **114** des Substrats **102** mit einem oder mehreren Laserpulsen des ersten Laserstrahls **108** oder eines zweiten Laserstrahls. Dies ermöglicht, dass sich das herausgelöste Material **112** nicht oder nur geringfügig abkühlt und die Reaktion mit den Bestandteilen des Substrats **102** effizienter ist. Der Laserstrahl ist beispielsweise derart eingerichtet, dass die elektromagnetische Strahlung des Laserstrahls von gasförmigen Atomen oder Clustern des herausgelösten Materials **112** stark absorbiert wird und dieses im Bereich **118** erhitzt.

[0022] In verschiedenen Ausführungsformen kann das Substrat **102** als eine Scheibe eines Halbleitermaterials für ein elektronisches Bauelement, beispielsweise eine Transistorstruktur, beispielsweise ein Leistungstransistor, verstanden werden, beispielsweise als eine SiC-Einkristall-Scheibe (Wafer).

[0023] Die Opferstruktur **104** kann ein Material zum Lasertransfermetallisieren bereitstellen. Die Opferstruktur **104** kann einen Metallanteil aufweisen, der unter Temperatureinwirkung eines Laserstrahls oder anderer energiereicher Strahlung schmelzbar ist und in schmelzflüssigem Zustand auf dem Substrat **102** abgelagert werden kann. Die Opferstruktur **104** kann aus einem Elementmetall gebildet sein, und kann beispielsweise eine Metallfolie sein, z.B. eine Nickelfolie. Alternativ kann die Opferstruktur **104** aus einer Legierung, einer Keramik oder mehreren Elementen gebildet sein oder diese aufweisen, wobei die Opferstruktur **104** mindestens ein Metall aufweist. Die Opferstruktur **104**, beispielsweise die Metallfolie, kann eingespannt sein, so dass der Transferabstand **106** aufrechterhalten wird. Alternativ, wie in **Fig. 3** veranschaulicht ist, kann die Opferstruktur **104**, beispielsweise eine Metallschicht **304**, beispielsweise eine Nickelschicht, auf einem Träger bzw. einer Platte **302** aufgebracht sein und dadurch in dem Transferabstand **106** zur Oberfläche **114** angeordnet sein. Die Platte **302** ist beispielsweise aus einem Glas oder einem Kunststoff gebildet. Die Platte **302** ist beispielsweise durchlässig für den Laserstrahl **108**. Das Metall der Metallschicht **304** ist das Material, das mittels

der Laserstrahlung **108** auf der Oberfläche **114** aufgebracht wird. Die Metallschicht **304** ist zwischen der Platte **302** und der Oberfläche **114** angeordnet und der Oberfläche **114** zugewandt.

[0024] Das auf der Oberfläche **114** aufgebrachte Material **110** der Opferstruktur **104** kann ausgewählt sein aus einer Gruppe von Materialien bestehend aus: Nickel (Ni), Titan (Ti), Palladium:Nickel (PdNi), Wolfram (W), Tantal (Ta), Chrom (Cr), Nickel-Vanadium (NiV), Gold (Au) bzw. Silber(Ag). Die Opferstruktur **104** kann eine Metallschicht mit einer Dicke aufweisen, die größer ist als die Dicke des auf der Oberfläche **114** aufgebrachten Materials der Opferstruktur **104**. Anschaulich kann die Opferstruktur **104** zum seriellen Ausbilden mehrerer elektrischer Kontaktstrukturen **110** verwendet werden. Das auf der Oberfläche **114** aufgebrachte Material der Opferstruktur kann eine Schicht mit einer Dicke in einem Bereich von ungefähr 20 nm bis ungefähr 200 nm bilden. Die Opferstruktur **104** kann eine Metallschicht mit einer Dicke aufweisen, die größer ist als der Transferabstand **106**. Die Opferstruktur **104** kann derart eingerichtet sein, dass das herauszulösende Material **112** in einer Ausprägung auf einer für die Laserwellenlänge transparenten Platte aufgebracht ist und wird von dieser mittels eines oder mehrerer Laserpulse des Laserstrahls **108** auf das Substrat **102** übertragen. Dadurch kann eine höhere Übertragungsgeschwindigkeit und höhere Temperatur des zu übertragenden Materials erreicht werden. In verschiedenen Ausführungsformen beträgt der Transferabstand ungefähr 0 (direkter Kontakt der Opferstruktur mit dem Substrat) bis ungefähr 100 µm. Der Abstand zwischen der Opferstruktur **104** (z.B. der Folie) und dem SiC-Substrat **102** ist klein, um ein Abkühlen des herausgelösten Materials **112** in der Flugphase (im Bereich **118**) zu vermeiden und damit eine Reaktion des herausgelösten Materials **112** mit dem SiC-Substrat **102** zu ermöglichen.

[0025] Während des Bestrahlens des herausgelösten Materials **112** kann innerhalb des Bereichs **118** zwischen der Opferstruktur **104** und der Oberfläche **114** des Substrats **102** mittels der Kammer **116** ein Gasdruck in einem Bereich von ungefähr 10^{-3} mbar bis kleiner 1 bar angelegt werden, also ein Unterdruck ausgebildet werden. Dies reduziert oder verhindert ein Abkühlen des herausgelösten Materials **112**. Alternativ oder zusätzlich kann der Bereich **118** mit einem Inertgas gefüllt werden. Dies ermöglicht, dass eine chemische Reaktion des herausgelösten Materials **112** beispielsweise mit atmosphärischem Sauerstoff verhindert oder reduziert wird. Dazu kann die Kammer **116** beispielsweise evakuiert werden und/oder mit dem Inertgas gefüllt werden. Die Kammer **116** kann beispielsweise derart eingerichtet sein, dass der Gasdruck der Kammer **116** innerhalb des Bereiches **118** einstellbar ist. Beispielsweise kann die Kammer **116** einen entsprechenden Gaseinlass und

Gasauslass aufweisen. Dadurch kann beispielsweise (lokal) ein Unterdruck und/oder ein vorgegebener Gasdruck eines Inertgases in dem Bereich **118** zwischen Opferstruktur **104** und Substrat **102** eingestellt werden. Dadurch kann eine Abkühlung und/oder eine chemische Reaktion mit atmosphärischem Sauerstoff verhindert oder reduziert werden. Ein Inertgas ist beispielsweise ein Edelgas oder SF₆.

[0026] In verschiedenen Ausführungsformen ist das Produkt aus Druck im Bereich **118** kleiner als 10 mbar*mm. Dies kann eine effiziente Reduzierung der Abkühlung des herausgelösten Materials **112** ermöglichen.

[0027] Die elektrische Kontaktstruktur **110** kann auf der gesamten Oberfläche **114** ausgebildet werden. Alternativ wird die elektrische Kontaktstruktur **110** strukturiert ausgebildet, beispielsweise nur auf Teilen/nur in Bereichen der Oberfläche **114**. Dies ermöglicht, dass die der Oberfläche **114** gegenüberliegende Seite des Substrates **102**, beispielsweise die Source/ Drain-Seite, mittels Lasertransfermetallisierung, beispielsweise analog der Bearbeitung der Oberfläche **114**, bearbeitet werden kann. Dies reduziert die Anzahl benötigter Bearbeitungsvorrichtungen und somit werden Herstellungskosten reduziert.

[0028] Die Oberfläche **114** kann die Vorderseite oder die Rückseite des Substrats **102** sein. Mit anderen Worten: Die elektrische Kontaktstruktur **110** kann an der Vorderseite des Substrates **102** oder der Rückseite des Substrates **102** ausgebildet werden. Mittels des Verfahrens gemäß verschiedenen Ausführungsformen kann ein elektrisches Bauelement ausgebildet werden. Das elektrische Bauelement weist beispielsweise ein Siliziumcarbid-Substrat **102** und eine elektrische Kontaktstruktur **110** auf einer Oberfläche **114** des Siliziumcarbid-Substrats **102** auf. Das elektrische Bauelement ist beispielsweise eine Transistorstruktur oder weist eine solche auf. Die Transistorstruktur kann beispielsweise einen Rückseitenkontakt **110** als elektrische Kontaktstruktur **110** auf einem Siliciumcarbid-Substrat **102** aufweisen, die mittels des Verfahrens ausgebildet wurde. Die elektrische Kontaktstruktur **110** kann beispielsweise ein Drain-Kontakt auf der Rückseite einer Transistorstruktur, beispielsweise eines Leistungstransistors, bilden. Der Drain-Kontakt kann somit an der Rückseite des Siliciumcarbid-Substrats **102** ausgebildet werden. Das elektrische Bauelement kann beispielsweise derart eingerichtet werden, dass ein Stromfluss während des Betriebs der Transistorstruktur durch das Substrat **102** fließt.

[0029] Die Kammer **116** kann ferner eine erste Haltevorrichtung (nicht veranschaulicht) aufweisen, die zum Halten des Substrates **102**, beispielsweise einer Siliciumcarbid-Scheibe, eingerichtet ist. Die erste Haltevorrichtung kann beispielsweise ein Wafer-

tisch sein, auf dem das Substrat **102** angeordnet wird. Die erste Haltevorrichtung kann eingerichtet sein, die Temperatur der Oberfläche **114** zu steuern. Die Temperatureinstellung kann durch Widerstandsheizungen erfolgen (ganzflächig) oder, alternativ, mittels des Laserstrahls **108** erfolgen. In diesem Fall sollte die Dicke der Opferstruktur **104** so gewählt werden, dass der Laserstrahl **108** durch die Opferstruktur **104** hindurch die Oberfläche **114** des Substrats **102** erreicht und eine lokale Aufwärmung erzielt.

[0030] Die Kammer **116** kann ferner eine zweite Haltevorrichtung (nicht veranschaulicht) aufweisen, die zum Halten der Opferstruktur (**104**) eingerichtet ist. Die zweite Haltevorrichtung ist derart eingerichtet, dass die Opferstruktur **104** in dem Transferabstand **106** zu der Oberfläche **114** des Substrats **102** beabstandet und für einen Laserstrahl **108** abtastbar angeordnet werden kann, und der Transferabstand **106** einstellbar ist. Die zweite Haltevorrichtung kann als Vakuumplatte ausgestaltet sein, die einen Unterdruck zwischen der Opferstruktur **104** und der Vakuumplatte aufbaut. Alternativ kann die zweite Haltevorrichtung als Halterplatte für die Opferstruktur **104** ausgeführt sein. Die Halterplatte kann durchlässig für den Laserstrahl **108** sein. Die Halterplatte kann beispielsweise die in **Fig. 3** gezeigte Platte **302** sein.

[0031] Die Vorrichtung **100** kann eine Strahlquelle zum Bereitstellen eines Laserstrahls **108** aufweisen. Der Laserstrahl **108** kann auf die Opferstruktur **104** gerichtet sein, und die Strahlquelle kann dazu ausgebildet sein, den Laserstrahl **108** mit einer Intensität bereitzustellen, die ausreichend ist, um die Opferstruktur **108** auf einer vorgegebenen Fläche aufzuschmelzen bzw. Material aus der Opferstruktur **108** herauszulösen, beispielsweise ballistisch. Der Laserstrahl **108** kann gepulst eingerichtet sein. Die Pulslänge kann in einem Bereich von ungefähr 30 ns bis ungefähr 200 ns liegen. Die Pulslänge kann so gewählt werden, dass der Laser auch dann noch Energie an das herausgelöste Material **112** überträgt, wenn ein Teil des Materials **112** sich schon in der Flugphase zum Substrat **102** befindet. Der Laserstrahl **108** kann elektromagnetische Strahlung, beispielsweise in Puls-Form, mit einer Wellenlänge in einem Bereich von ungefähr 250 nm bis ungefähr 800 nm aufweisen. Der Laserstrahl **108** kann eingerichtet sein, dass er eine Energiedichte in einem Bereich von ungefähr 2 J/cm² bis ungefähr 5 J/cm² aufweist, beispielsweise in einem Bereich von ungefähr 3 J/cm² bis ungefähr 4 J/cm². Die Strahlquelle kann dazu ausgebildet sein, den Laserstrahl **108** mit einer vorgegebenen Vorschubgeschwindigkeit auf einer vorgegebenen Bahn über die Opferstruktur **104** zu führen. Der Laserstrahl **108** kann beispielsweise entlang einer vorgegebenen Bahn, die beispielsweise der Form der auszubildenden Kontaktstruktur **110** entspricht, über die Opferstruktur geführt werden (abtasten), um die Kontaktstruktur **110** auf dem Substrat

102 zu erzeugen. Die Strahlungsquelle (nicht veranschaulicht), beispielsweise ein Laser, die den Laserstrahl **108** emittiert, kann innerhalb oder außerhalb der Kammer **116** angeordnet sein. Der Laser kann zum Emittieren von Laserpulsen und zum Abtasten der Opferstruktur mittels der Laserpulse eingerichtet sein.

[0032] Die beschriebenen und in der Figur gezeigten Ausführungsformen sind nur beispielhaft gewählt. Unterschiedliche Ausführungsformen können vollständig oder in Bezug auf einzelne Merkmale miteinander kombiniert werden.

[0033] Auch kann eine Ausführungsform durch Merkmale einer weiteren Ausführungsform ergänzt werden.

[0034] Ferner können erfindungsgemäße Verfahrensschritte wiederholt sowie in einer anderen als in der beschriebenen Reihenfolge ausgeführt werden.

[0035] Umfasst ein Ausführungsform eine „und/oder“-Verknüpfung zwischen einem ersten Merkmal und einem zweiten Merkmal, so ist dies so zu lesen, dass das Ausführungsform gemäß einer Ausführungsform sowohl das erste Merkmal als auch das zweite Merkmal und gemäß einer weiteren Ausführungsform entweder nur das erste Merkmal oder nur das zweite Merkmal aufweist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- DE 102013204465 A1 [0006]

Patentansprüche

1. Verfahren (400) zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur (110) auf einem Siliciumcarbid-Substrat (102), das Verfahren aufweisend:

Anordnen (402) einer Opferstruktur (104) mit einem Transferabstand (106) beabstandet zu einer Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102), wobei die Opferstruktur (104) für einen Laserstrahl (108) abtastbar angeordnet wird; und

Bestrahlen (404) der Opferstruktur (104) mit einem Laserstrahl (108), so dass Material (112) der Opferstruktur (104) auf der Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) unter Ausbildung einer chemischen Verbindung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Substrats (102) aufgebracht wird.

2. Verfahren (400) gemäß Anspruch 1, wobei das Bestrahlen (402) der Opferstruktur (104) mit einem Laserstrahl (108) aufweist:

Bestrahlen der Opferstruktur (104) mit einem oder mehreren Laserpulsen eines ersten Laserstrahls (108), so dass Material (112) der Opferstruktur (104) aus der Opferstruktur (104) in Richtung der Oberfläche (114) des Substrats (102) herausgelöst wird; und Bestrahlen des herausgelösten Materials (112) innerhalb des Bereichs (118) des Transferabstandes (106) mit einem oder mehreren Laserpulsen des ersten Laserstrahls (108) oder eines zweiten Laserstrahls (108).

3. Verfahren (400) gemäß einem der Ansprüche 1 oder 2,

wobei das auf der Oberfläche (114) aufgebrachte Material der Opferstruktur (104) eine Metalllegierung mit dem Silicium und/oder Kohlenstoff des Substrats (102) ausbildet.

4. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Transferabstand (106) ungefähr 0 bis ungefähr 100 µm beträgt.

5. Verfahren (400) gemäß Anspruch 2,

wobei während des Bestrahleins des herausgelösten Materials in einem Bereich (118) zwischen der Opferstruktur (104) und der Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) ein Gasdruck in einem Bereich von ungefähr 10^{-3} mbar bis kleiner 1 bar angelegt wird.

6. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die Opferstruktur (104) eine Metallschicht auf einer Platte, vorzugsweise aus einem Glas oder einem Kunststoff, aufweist, wobei die Platte durchlässig ist für den Laserstrahl (108), und wobei das Metall der Metallschicht das Material ist, das mittels des Laserstrahls (108) auf der Oberfläche (114) aufgebracht wird.

7. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei der Laserstrahl (108) gepulst ist, wobei die Pulslänge in einem Bereich von ungefähr 30 ns bis ungefähr 200 ns liegt.

8. Verfahren (400) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche,

wobei die elektrische Kontaktstruktur (110) einen Drain-Kontakt einer Transistorstruktur bildet.

9. Elektrisches Bauelement, aufweisend:

ein Siliziumcarbid-Substrat (102); und eine elektrische Kontaktstruktur (110) auf einer Oberfläche (114) des Siliziumcarbid-Substrats (102), die mittels eines Verfahrens gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche hergestellt wurde.

10. Vorrichtung (100) zum Ausbilden einer elektrischen Kontaktstruktur (110) auf einem Siliciumcarbid-Substrat (102), die Vorrichtung (100) aufweisend: eine Kammer (116) mit einer ersten Haltevorrichtung, die zum Halten des Siliciumcarbid-Substrats (102) eingerichtet ist, und einer zweiten Haltevorrichtung, die zum Halten einer Opferstruktur (104) eingerichtet ist, derart, dass die Opferstruktur (104) in einem Transferabstand (106) zu einer Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) beabstandet und für einen Laserstrahl (108) abtastbar angeordnet werden kann, und der Transferabstand (106) einstellbar ist, und

einen Laser, der zum Emittieren von Laserpulsen und zum Abtasten der Opferstruktur (104) mittels der Laserpulse eingerichtet ist;

wobei die Kammer (116) derart eingerichtet ist, dass der Gasdruck der Kammer (116) in einem Bereich (118) zwischen der Opferstruktur (104) und der Oberfläche (114) des Siliciumcarbid-Substrats (102) einstellbar ist.

Es folgen 4 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Fig. 1

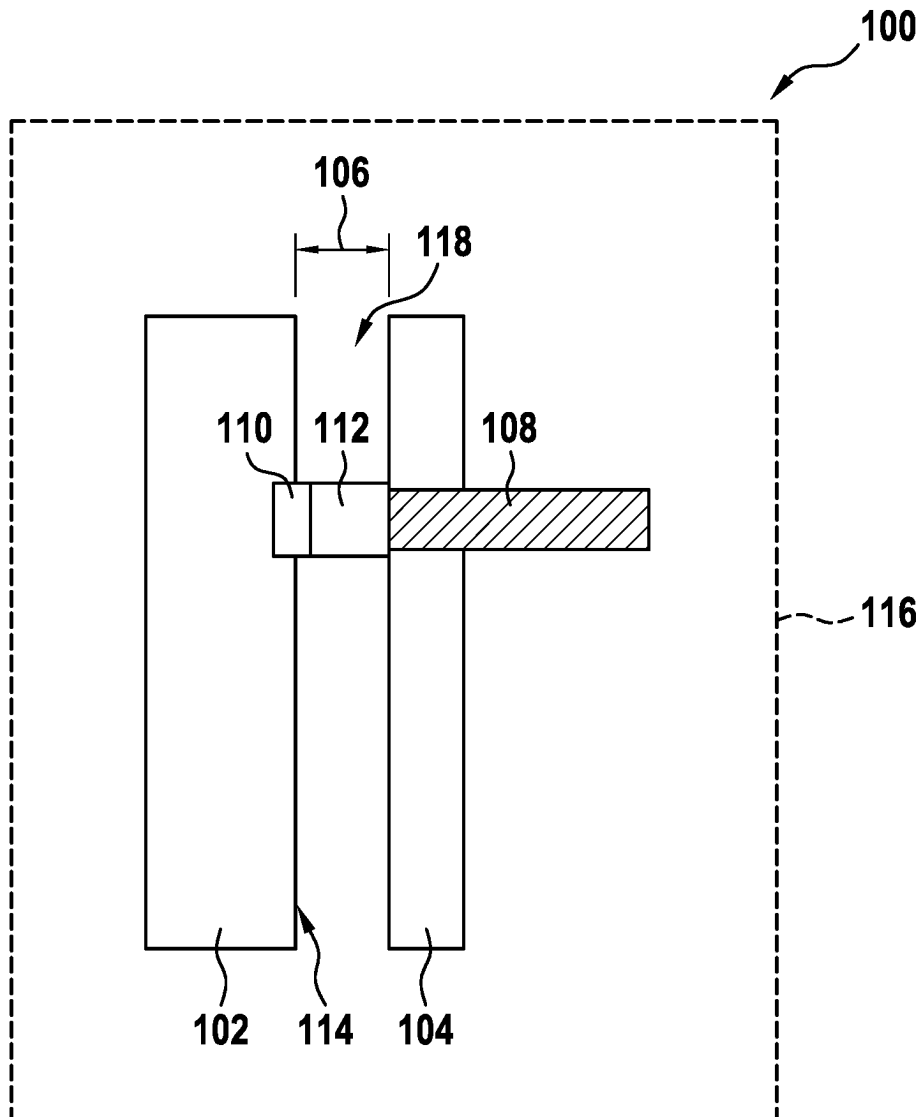


Fig. 2

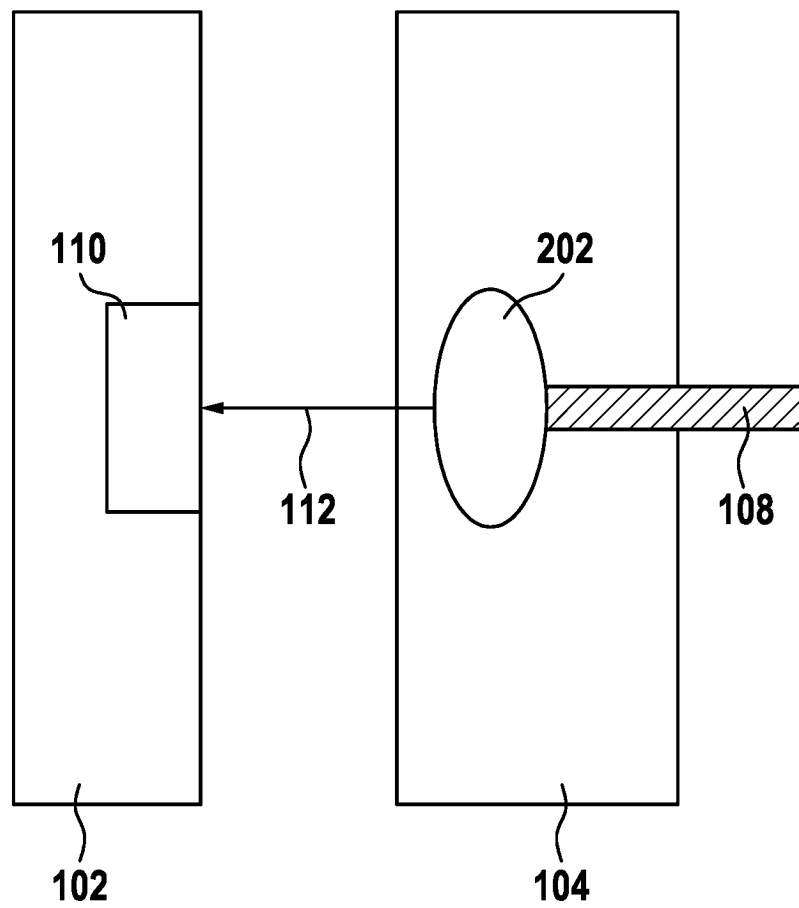


Fig. 3

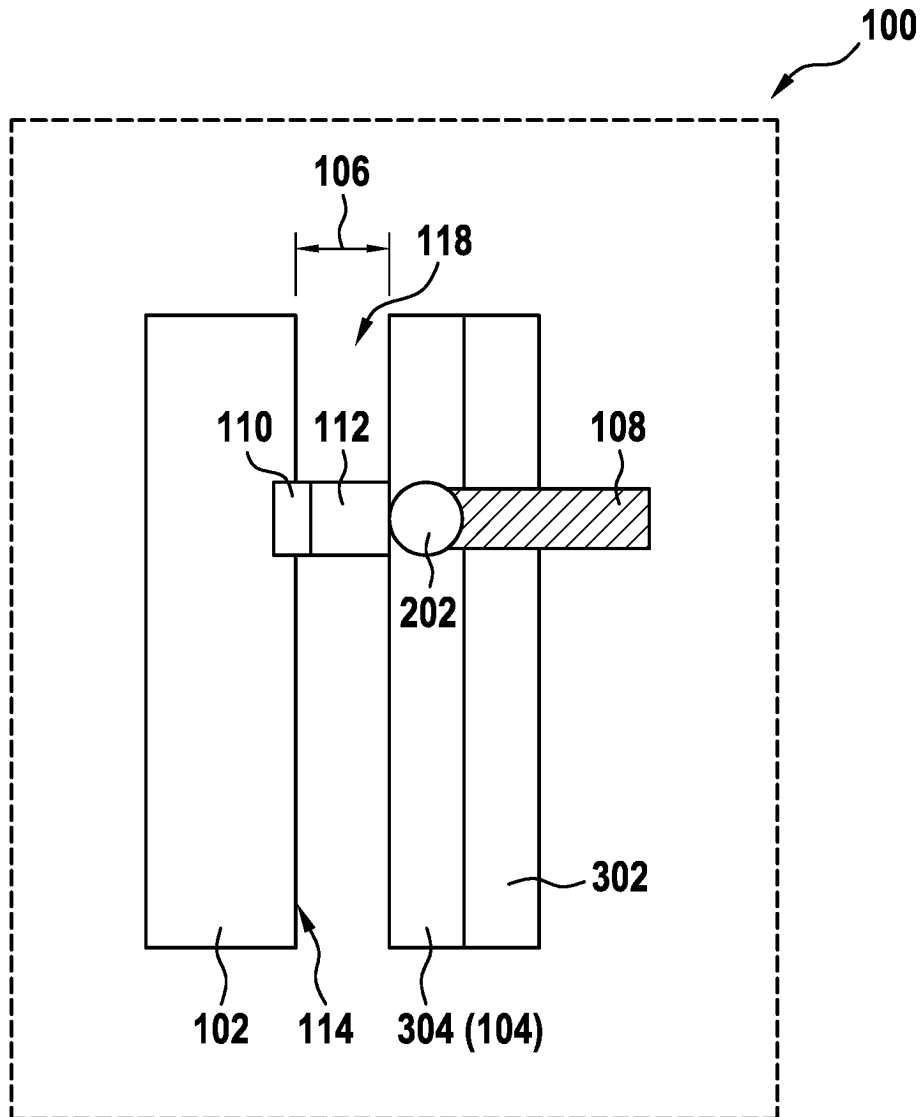


Fig. 4

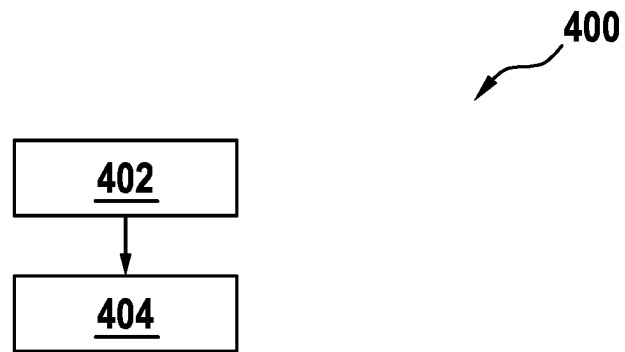


Fig. 5

